

OFDM 기반 다중 홉 릴레이시스템에서 효율적인 핸드오버를 위한 계층적 프리앰블 설계 기법

정희원 유현 일*, 김 영 준*, 우 경 수*, 김 재 권**, 윤 상 보***, 종신회원 조 용 수*

A Hierarchical Preamble Design Technique for Efficient Handover in OFDM-based Multi-hop Relay Systems

Hyun Il Yoo*, Yeong Jun Kim*, Kyung Soo Woo*, Jaekwon Kim**, Sang Boh Yun*** *Regular Members*, Yong Soo Cho* *Lifelong Member*

요 약

본 논문에서는 OFDM 기반의 다중 홉 릴레이시스템에서 계층적 프리앰블 구조를 이용하여 물리계층에서 셀 간 핸드오버와 셀 내 핸드오버를 구분함으로써 핸드오버 오버헤드를 줄일 수 있는 새로운 핸드오버 절차를 제안한다. 계층 구조의 프리앰블 설계에 있어서, 기지국을 구분하기 위한 Cell ID와 함께 셀 내 릴레이를 구분하기 위한 Subcell ID의 개념을 제안한다. 셀 간 핸드오버와 셀 내 핸드오버의 판단은 계층 구조의 프리앰블에 의하여 제공되는 신호품질 척도인 CBINR(Carrier of BS to Interference and Noise Ratio)과 CRINR(Carrier of RS to Interference and Noise Ratio)에 의해 이루어진다. 제안하는 핸드오버 절차를 통해 스캐닝 절차의 간소화와 망 진입 절차의 간략화 또는 생략이 가능하여 핸드오버 오버헤드를 크게 줄일 수 있다.

Key Words : Multi-hop Relays, OFDM, Hierarchical Preamble, Handover

ABSTRACT

In this paper, a new handover procedure for OFDM-based multi-hop relay systems is proposed to reduce the handover overhead by distinguishing inter-cell handover event from intra-cell handover event at the level of physical layer using a hierarchical design concept of preamble. A Subcell ID concept for identifying RS in a cell is proposed in the design of hierarchical manner, in addition to the existing Cell ID for identifying BS. The decision on either inter-cell handover or intra-cell handover is made by the signal quality measure of CBINR(Carrier of BS to Interference and Noise Ratio) and CRINR(Carrier of RS to Interference and Noise Ratio), provided by the hierarchical preamble. The proposed handover procedure can simplify scanning procedure and skip/simplify network re-entry procedure (capability negotiation, authorization, registration), resulting in a significant reduction of handover overhead.

1. 서 론

다중 홉 릴레이(Multi-hop Relay) 시스템은 송신

단과 수신단 사이에 분산적으로 존재하는 한 개 또는 다수 개의 릴레이(Relay Station)를 이용하여 전송 신뢰도를 높이거나 다중화 이득을 확보함으로써

※ 본 연구는 삼성전자의 지원과 21세기 프론티어 연구개발사업으로 지식경제부의 유비쿼터스컴퓨팅및네트워크원천기반기술개발사업의 08B3-B2-11T 과제의 지원으로 이루어졌습니다.

* 중앙대학교 디지털통신 연구실(yscho@cau.ac.kr), ** 연세대학교 원주캠퍼스 컴퓨터정보통신공학부, *** 삼성전자 정보통신연구소
논문번호 : KICS2008-01-004, 접수일자 : 2008년 1월 3일, 최종논문접수일자 : 2008년 4월 10일

대역 효율성을 극대화하기 위하여 최근 활발히 연구되고 있다^{[1][2]}. 다중 홉 릴레이를 갖는 이동통신망의 경우에는 기지국(Base Station)과 단말(Mobile Station)간에 직접 통신도 가능하지만, 셀 경계에 있거나 전파 음영지역에 있는 단말들은 고정형 릴레이(Fixed Relay Station)의 중계 기능을 통해 서비스 불능 지역 또는 셀 커버리지를 확대하거나 수율을 향상시킬 수 있다^{[3][4]}. 하지만 릴레이시스템에서는 셀 내에 다수의 릴레이가 존재하기 때문에 각 스테이션(Station)간의 거리가 기존 셀룰러시스템에 비해 크게 줄어들어 단말이 이동 시 핸드오버가 빈번히 발생한다. 따라서 릴레이시스템에서 빈번한 핸드오버를 수행하는데 따른 오버헤드가 감소될 수 있도록 기존 셀룰러시스템에서의 핸드오버에 비해 더욱 개량된 기술이 요구된다.

다중 홉 릴레이시스템에서의 핸드오버를 셀 내 핸드오버와 셀 간 핸드오버로 구분하며 셀 내에서 인접 릴레이로 핸드오버하는 경우에 셀 내 핸드오버 절차에 따른 핸드오버를 수행함으로써 기존 셀룰러시스템의 셀 간 핸드오버를 최소화하여 핸드오버에 의한 오버헤드를 감소할 수 있다. 본 논문에서는 OFDM 기반의 다중 홉 릴레이시스템에서 핸드오버의 오버헤드를 줄이는 방법으로 프리앰블을 사용하여 셀 내 핸드오버와 셀 간 핸드오버를 구분하고 셀 간 핸드오버를 최소화하는 방법을 제안한다. 또한 핸드오버 시 효과적인 스캐닝 절차와 셀 선택 및 타겟 릴레이 스테이션 선택을 위한 프리앰블 구조를 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 다중 홉 릴레이시스템에 기존 셀룰러시스템에서의 핸드오버 절차를 도입하였을 때 핸드오버에 의한 오버헤드를 살펴보고, 릴레이시스템에서 오버헤드를 감소시킬 수 있는 방식과 프리앰블 기반의 핸드오버 절차를 제안한다. III장에서는 제안한 프리앰블에 따른 다중 홉 릴레이시스템에서의 스캐닝 절차의 간소화 효과를 설명한다. IV장에서는 OFDM(IEEE 802.16e) 기반의 릴레이시스템에서 핸드오버에 따른 오버헤드를 감소시킬 수 있는 프리앰블 구조를 설계하고 적용방식을 제안한다. V장에서는 모의 실험을 통해 제안된 프리앰블 구조와 핸드오버 절차의 성능을 분석하며, VI장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 다중 홉 릴레이시스템에서의 핸드오버

다중 홉 릴레이가 도입되지 않은 기존 셀룰러시

스템에서 MS-initiated 핸드오버 절차는 다음과 같다. 단말은 현재 서비스를 받는 기지국의 신호 품질을 측정 후 신호 품질을 나타내는 파라미터(CINR)의 값이 정해진 임계치 이하가 될 경우 핸드오버를 위한 스캐닝을 개시한다. 스캐닝 절차는 단말이 현재 서비스를 받고 있는 기지국으로부터 제공되는 인접 기지국 정보(neighbor BS list)를 이용하여 이루어진다. 이 때 인접 기지국 정보에는 인접 기지국의 식별자와 기지국이 사용하고 있는 프리앰블 또는 신호 품질을 측정할 수 있는 물리 계층의 훈련 신호 정보가 포함된다. 스캐닝을 마친 단말은 스캐닝 결과를 참고하여 가장 CINR이 높은 기지국을 선택하여 현재 서비스 받는 기지국에게 핸드오버를 요청하고 기지국의 응답을 받은 후 타겟 기지국으로 핸드오버를 수행하게 된다. 이 경우 단말은 타겟 기지국으로부터 서비스를 제공받기 위하여 레인징(ranging)과 능력 협상(capability negotiation) 및 인증(authorization)과 등록(registration) 절차를 수행하며, 이러한 절차를 위해 현재 단말이 서비스 받고 있는 기지국과 메시지를 교환함으로써 단말의 정보를 획득한다. 이와 같이 기존 셀룰러시스템에서 발생하는 핸드오버는 타겟 기지국을 변경하기 위한 것으로써 셀 간 핸드오버에 해당한다. 다중 홉 릴레이시스템에서는 릴레이의 추가로 서비스를 제공하는 스테이션(기지국 또는 릴레이)간의 간격이 기존의 셀룰러시스템에 비해 크게 줄어들게 된다. 이 경우 단말의 이동에 의해 발생하는 핸드오버는 기존의 셀룰러시스템에서보다 더욱 빈번하게 발생되며, 하나의 셀 내에서도 인접한 릴레이 간(또는 기지국)의 핸드오버가 발생한다. 따라서 기존 셀룰러시스템에서의 핸드오버 절차인 셀 간 핸드오버를 다중 홉 릴레이시스템에 적용하는 경우 스캐닝, 레인징 및 망 진입 과정인 능력 협상, 인증 및 등록과정과 핸드오버를 위한 기지국간 메시지 교환에 의해 단말과 셀룰러시스템에 과도한 오버헤드를 발생시키는 문제점을 갖게 된다. 예를 들어 IEEE 802.16e의 핸드오버 과정 시 수 백 ms의 수행시간이 필요하기 때문에 다중 홉 릴레이시스템에서는 핸드오버에 의한 오버헤드를 최소화할 필요가 있다.

그림 1은 다중 홉 릴레이시스템에서 발생하는 핸드오버를 보여준다. 그림 1에 나타난 바와 같이 다중 홉 릴레이시스템에서의 핸드오버는 크게 셀 내 핸드오버와 셀 간 핸드오버로 구분할 수 있다. 즉, 셀 내 핸드오버는 동일 셀 내의 릴레이간(또는 기지국과 릴레이간) 핸드오버를 의미하고 셀 간 핸드오

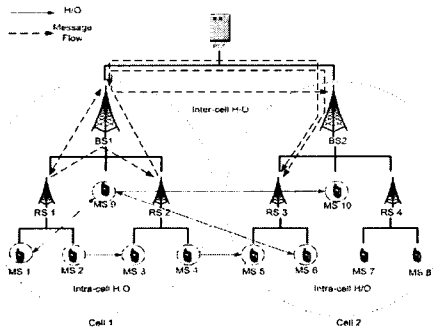


그림 1. 다중 홉 릴레이시스템에서의 핸드오버

버는 서로 다른 두 셀의 기지국간(또는 릴레이간, 기지국과 릴레이간) 핸드오버로 구분할 수 있다. 다중 홉 릴레이시스템에서 셀 간 핸드오버는 기존의 셀룰러시스템에서의 핸드오버 절차와 동일한 오버헤드를 발생시키며, 이러한 오버헤드는 스캐닝 절차, 레인징 절차, 망 진입에 따른 능력 협상, 인증 및 등록과정을 포함한다. 반면, 셀 내 핸드오버에서는 기지국이 셀 내 모든 릴레이를 관리하기 때문에 스캐닝 절차의 간소화와 망 진입 절차의 간략화 또는 생략이 가능하다.

그림 2는 셀 내 핸드오버를 수행함에 따라 발생하는 핸드오버 절차의 간소화 효과를 보여준다. 그림 2에서 나타난 바와 같이 다중 홉 릴레이시스템에서 셀 내 핸드오버를 도입할 경우 셀 간 핸드오버를 줄임으로써 핸드오버 절차에 의한 오버헤드를 줄일 수 있다.

그림 2에서 나타난 바와 같이 셀 내 핸드오버와 셀 간 핸드오버를 구분하여 진행함으로써 절차상의 간소화 또는 생략이 가능한 방법은 다음의 세 가지가 있다.

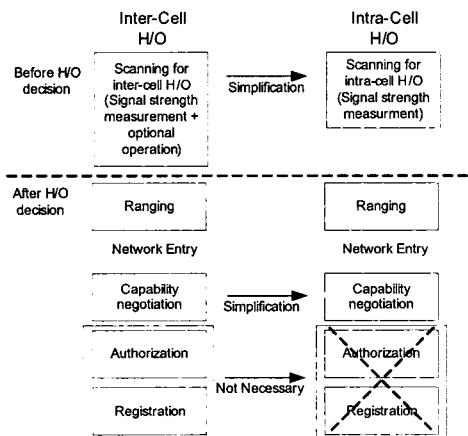


그림 2. 셀 간 핸드오버와 셀 내 핸드오버 절차의 차이

첫 번째 방법은 MAC 계층에서 기지국에게는 BSID를, 릴레이에게는 RSID를 할당하여 구분하되 BSID와 RSID가 연계되어 설계되지 않은 경우이다.

기지국에서는 동일 셀 내의 기지국과 릴레이를 구분할 수 있으나 BSID와 RSID가 연계되어 설계되어 있지 않기 때문에 단말에서 ID만으로 셀 내의 기지국과 릴레이를 구분할 수 없다. 셀 내 또는 셀 간 핸드오버 구분을 위해 단말은 자신이 가지고 있는 인접 셀 목록 내의 모든 기지국 또는 릴레이에 대해서 스캐닝을 수행해야 하고, 셀 내 또는 셀 간 핸드오버 판단을 위해 단말의 핸드오버 요청에 대한 서빙 스테이션의 응답과 이에 적합한 메시지 교환이 필요하다. 셀 내 핸드오버시 망 진입에서의 이득은 존재할 수 있으나, 스캐닝 절차에서 단말은 이득을 기대할 수 없다.

두 번째 방법은 MAC 계층에서 기지국에게는 BSID를, 릴레이에게는 RSID를 할당하여 구분하고 이를 연계하여 설계하는 방법의 경우이며⁵⁾, 그림 3은 이러한 계층적인 BS ID와 RS ID를 보여준다.

그림 3에 나타난 바와 같이 단말은 RS ID를 획득함과 동시에 그 릴레이가 어느 기지국에 포함되었는지 알 수 있다. 단말은 서빙 스테이션이 포함된 셀에 속한 기지국로부터 전송된 신호의 품질을 인접 셀의 기지국으로부터 전송된 신호품질과 비교하여 셀 내 또는 셀 간 핸드오버를 구분할 수 있으나, 릴레이시스템에서는 셀 변경이 기지국의 서비스 영역보다 크기 때문에 셀 경계에 존재하는 단말의 경우 기지국로부터 전송된 신호를 이용하여 셀 간 또는 셀 내 핸드오버의 구분이 쉽지 않다. 이 때 단말은 셀 내 핸드오버와 셀 간 핸드오버 구분을 위해 인접 셀 항목에 포함된 모든 기지국과 릴레이에 대한 신호 품질 측정을 수행해야한다. 따라서 두 번째 방법은 단말이 MAC 계층에서 셀 내 핸드오버와 셀 간 핸드오버를 구분할 수 있다는 점에서 첫 번째 방법과 차이점이 있지만, 첫 번째 방법과 마찬가지로 셀 내 또는 셀 간 핸드오버 구분에 따른 핸드오버시 망 진입에 대한 이득 외에 스캐닝 절차에서 오버헤드의 감소는 기대할 수 없다.

세 번째 방법은 물리계층에서 기지국에게는 Cell

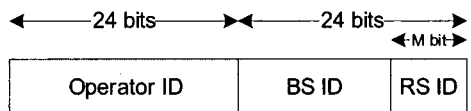


그림 3. 계층적 BS ID와 RS ID를 적용한 릴레이시스템

ID를, 릴레이에게는 Subcell ID를 할당하고 이 정보를 사용하여 프리앰블을 설계하는 경우이며, 그림 4는 이러한 계층적인 프리앰블을 적용한 릴레이시스템을 보여준다.

그림 4에서 나타난 바와 같이 Cell ID는 셀 단위로 셀 내의 모든 기지국과 릴레이에 할당되며, Subcell ID는 릴레이(또는 기지국)을 구분하기 위해 각각의 릴레이(또는 기지국)에 할당된다. 계층적인 프리앰블이 적용된 릴레이시스템에서의 단말은 앞의 두 방법과는 달리 셀 내 또는 셀 간 핸드오버 여부를 MAC 계층이 아닌 물리계층의 프리앰블을 통해 획득할 수 있다. 이와 같은 경우, 아래 제안하는 스캐닝 절차를 통해 셀 내 핸드오버와 셀 간 핸드오버를 구분할 수 있을 뿐 아니라 스캐닝 절차의 간략화도 가능하여 핸드오버 시 오버헤드를 최소화할 수 있다. 본 논문에서 Cell ID와 Subcell ID의 신호 품질을 나타내는 파라미터를 CBINR(Carrier of BS to Interference and Noise Ratio)와 CRINR(Carrier of RS to Interference and Noise Ratio)로 정의한다.

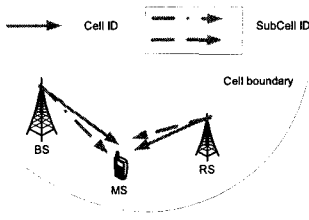


그림 4. 계층적 프리앰블을 적용한 릴레이시스템

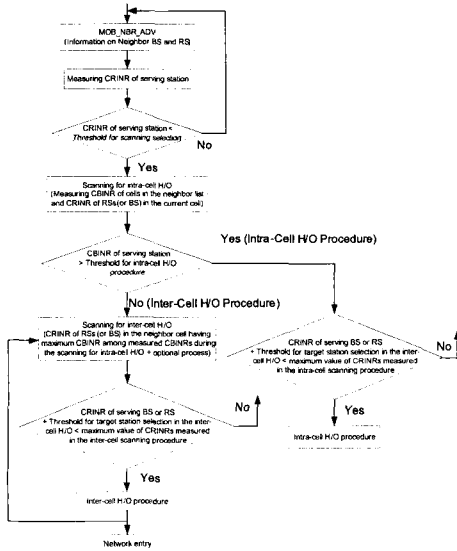


그림 5. 다중 홉 릴레이시스템을 위한 핸드오버 절차

그림 5는 본 논문에서 제안하는 다중 홉 릴레이시스템에서의 핸드오버 절차를 보여준다. 단말은 셀 간 핸드오버와 셀 내 핸드오버의 구분을 위해 수신된 프리앰블을 이용하여 CBINR와 CRINR의 측정을 수행하며, 측정된 값을 이용하여 Cell ID와 Subcell ID를 검출한 후, 셀 내 또는 셀 간 핸드오버를 결정한다. 그림 5에 나타난 바와 같이 스캐닝 개시 결정에 있어서는 현재 서비스 받고 있는 릴레이(또는 기지국)의 CRINR을 이용하며, CRINR 값이 스캐닝 시작 결정을 위한 임계치 이하인 경우 스캐닝 절차를 시작한다. 스캐닝 시작이 결정되면 가장 먼저 셀 내 핸드오버를 위한 스캐닝을 시작한다. 셀 내 핸드오버를 위한 스캐닝 단계에서는 인접 셀 항목에 존재하는 Cell ID에 대한 CBINR과 서빙 스테이션이 포함된 셀 내의 릴레이(또는 기지국)의 Subcell ID의 CRINR을 측정한다. 셀 내 핸드오버를 위한 스캐닝 과정 이후 셀 내 핸드오버 절차의 시작 여부 판단을 위해 셀 내 핸드오버를 위한 스캐닝 단계에서 측정된 CRINR을 비교한다. 이 때 현재 서빙 스테이션이 포함된 셀의 CBINR이 셀 내 핸드오버 절차 시작 결정을 위한 임계치 이상이 되거나, 인접 셀의 CBINR과 비교하여 서빙 스테이션의 CBINR이 가장 큰 경우에는 셀 내 핸드오버 절차 시작으로 결정한다. 셀 내 핸드오버 절차의 시작부에서는 셀 내 핸드오버를 위한 스캐닝 단계에서 측정된 CRINR값과 서빙 스테이션의 CRINR 값을 비교하여 셀 내 핸드오버를 위한 타겟 스테이션을 선택한다. CRINR 값들의 비교 과정에서 핑퐁 핸드오버 현상을 방지하기 위해 셀 내 핸드오버를 위한 임계치와 서빙 스테이션의 CRINR의 합이 셀 내의 인접 릴레이(또는 기지국)의 CRINR 값보다 큰 경우에만 해당 릴레이(또는 기지국)를 타겟 스테이션으로 결정한다.

III. OFDM 기반 릴레이시스템에서 효율적인 핸드오버를 위한 프리앰블 설계

본 장에서는 OFDM(IEEE 802.16e) 기반의 릴레이시스템에서 효율적인 핸드오버를 위하여 II장에서 제안한 핸드오버 절차를 만족시킬 수 있는 계층적인(hierarchical) 프리앰블 구조를 설계한다. 제안하는 계층구조의 프리앰블에서 Cell ID는 프리앰블 인덱스에 따라 할당되며, Subcell ID는 프리앰블 시퀀스의 위상변경을 통해 할당된다. 즉, Cell ID는 셀 내 기지국과 릴레이가 같은 프리앰블 시퀀스를 사용함으로써 동일하고, Subcell ID는 릴레이(또는

기지국)마다 다르며 전송하는 프리엠블의 위상으로 구분된다. 이와 같은 경우 단말은 프리엠블을 통해 CBINR와 CRINR의 측정이 가능하며 모든 초기 동기화 과정을 수행할 수 있다. 동일 셀 내의 릴레이에서 전송되는 프리엠블은 다음과 같이 정의된다.

$$X^c(k) = X^c(k)e^{j\frac{2\pi k}{N}is} \quad (1)$$

여기서 c, X^c, k, N, s, i 는 프리엠블 인덱스, 프리엠블 인덱스에 따른 Cell ID를 포함하는 프리엠블 시퀀스, 주파수 인덱스, FFT 사이즈, 위상 변경 인자(factor), Subcell ID를 나타낸다. 기지국은 Subcell ID가 0인 위상변화가 없는 프리엠블을 전송하며, 릴레이는 기지국에 할당된 프리엠블에 일정하게 위상을 변경하여 전송한다. 위상 변경 인자는 셀의 round trip 시간보다 크게 설정한다.

제안하는 계층구조의 프리엠블을 사용하였을 때 동기화 및 핸드오버의 판단은 다음과 같이 수행된다. 먼저, 프레임 검출은 프리엠블의 시간영역에서 반복되는 특성을 이용하여 다음과 같이 이루어진다.

$$\hat{\tau} = \arg \max_n \left(\sum_{l=0}^{L-1} r^*(n+l) \cdot r(n+l+d) \right) \quad (2)$$

여기서 $r(n), \hat{\tau}, L, d$ 는 시간영역에서 수신된 프리엠블, 추정된 프레임의 시작위치, 자기상관 연산을 위한 윈도우 사이즈, 프리엠블의 반복되는 패턴의 주기를 나타낸다.

프레임 검출 후, 수신된 신호의 CP(Cyclic Prefix)를 이용하여 다음과 같이 심볼 타이밍 오프셋과 소수배 주파수 오프셋을 추정한다.

$$s(n) = \sum_{m=0}^{M-1} \left(\sum_{l=0}^{N_{cp}-1} r^*(n+m \cdot N_{sym} + l) \cdot r(n+m \cdot N_{sym} + l + N) \right) \\ \hat{\tau}_{sym} = \arg \max_n (|s(n)|) \quad \hat{\epsilon}_f = \frac{1}{2\pi} \arg(s(\hat{\tau}_{sym})) \quad (3)$$

여기서 $\tau_{imp}, M, s(n), \tau_{sym}, \Delta f_{ini}$ 는 식 (2)에서 추정된 심볼의 시작위치, 추정 성능을 높이기 위해 사용하는 심볼 수, 자기상관 값, 추정된 심볼 타이밍 오프셋과 소수배 주파수 오프셋을 나타낸다. 또한 와는 CP의 크기와 CP를 포함한 한 OFDM 심볼의 길이를 나타낸다.

식 (3)을 통해 소수배 주파수 오프셋과 심볼 타이밍 오프셋이 추정된 후, 보상된 프리엠블을 주파수 영역에서 나타내면 다음과 같다.

$$R(k) = \sum_{r=0}^{N_{rs}} X_r^c(k) H_r(k) + W_r(k) \quad (4)$$

여기서 $R(k), N_{rs}, H_r(k), W_r$ 는 주파수 영역에서의 수신된 프리엠블 신호, 셀 내 릴레이의 수, i 번째 릴레이와 단말사이의 채널 응답, 가산성 수신 잡음을 나타낸다. 식 (4)에 나타난 수신 신호로부터 Cell ID와 정수배 주파수 오프셋을 다음과 같이 추정할 수 있다.

$$(\hat{c}, \hat{\epsilon}_f) = \arg \max_{(c, \epsilon_f)} \left(\sum_{k=1}^{N_p} U(k) U^*(k) V^*(k) V(k-1) \right) \\ U(k) = R(3 \cdot k + \epsilon_f), \quad V(k) = X^c(3 \cdot k) \quad (5)$$

여기서 $\hat{c}, f_i, \hat{f}_i, N_p$ 는 추정된 프리엠블 인덱스, 수신된 프리엠블 신호에 발생한 정수배 주파수 오프셋, 추정된 정수배 주파수 오프셋, 프리엠블 시퀀스의 길이를 나타낸다. Cell ID와 Segment ID는 추정된 프리엠블 인덱스를 이용하여 추정한다. 이 때, 셀 내 릴레이가 많을수록 수신된 프리엠블 신호의 전력이 증가하기 때문에 단말이 추정하는 Cell ID는 더욱 높은 신뢰도를 갖게 된다. 즉, 단말은 식 (5)을 이용하여 셀 내 기지국과 릴레이가 공통으로 전송하는 Cell ID를 검출한다. 셀 내에서 공통으로 수신되는 Cell ID를 검출함으로써 단말은 셀 간 이동상황을 판단할 수 있다. 셀 간 이동을 결정짓는 CBINR은 다음과 같이 주어진다.

$$CBINR = \frac{P_c}{P_s - P_c} \\ P_s = \sum_{k=1}^{N_p} (|R(3 \cdot k)|^2 + |R(3 \cdot k + 1)|^2 + |R(3 \cdot k + 2)|^2) \\ P_c = \left| \sum_{k=1}^{N_p} R(3 \cdot k) R^*(3 \cdot (k-1)) (X^c(3 \cdot k))^* X^c(3 \cdot (k-1)) \right| \quad (6)$$

여기서 P_s 와 P_c 는 수신신호의 전력과 단말이 현재 속해있는 셀로부터 전송받는 프리엠블의 상호상관 값을 나타낸다. 한 셀 내에서 기지국과 릴레이는 동일한 프리엠블 시퀀스를 전송하므로 식 (6)의 상호상관 연산을 통해 단말은 셀 간 이동상황을 판단할 수 있다.

Cell ID를 추정된 후에 단말은 실질적으로 신호를 전송받을 릴레이(또는 기지국)의 Subcell ID를 다음과 같이 추정한다.

$$\hat{i} = \arg \max_i \left| IFFT \left(R(k) \left(X^c(k) \right)^* \right) \right| \quad (7)$$

여기서 \hat{i} 는 추정된 Subcell ID를 나타낸다. 셀 내에서 각각 다르게 수신되는 Subcell ID를 검출함으로써

단말은 셀 내 이동상황을 판단할 수 있다. 셀 내 이동을 결정짓는 CRINR은 다음과 같이 주어진다.

$$CRINR = \frac{P_i}{P_s - P_i}$$

$$P_i = \sum_{n=1}^{(i+1)N} \left| \sum_{k=0}^{N-1} R(k) (X^c(k))^* e^{j2\pi kn/N} \right|^2 \quad (8)$$

여기서 P_s 와 P_i 는 수신신호의 전력과 단말이 현재 속해있는 릴레이(또는 기지국)로부터 전송받는 프리엠블의 전력을 나타낸다.

단말의 이동상황은 셀 내 이동상황, 셀 간 이동상황으로 구분할 수 있다. CRINR이 일정 임계값 이하이면 단말은 셀 내 또는 셀 간 핸드오버를 준비하며, 이 때 CBINR이 일정 임계값 이하이면 셀 간 핸드오버, 이상이면 셀 내 핸드오버를 수행한다. 이와 같이 CBINR과 CRINR을 사용하여 단말의 셀 내 이동상황을 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$CRINR < Threshold_{RS}$$

$$CBINR > Threshold_{BS} \quad (9)$$

CBINR이 일정 임계값 이상이면 현재 속해있는 셀의 신호세기가 인접 셀의 신호세기보다 크기 때문에 셀 내 핸드오버를 수행한다. 마찬가지로, 단말의 셀 간 이동상황은 다음과 같이 표현된다.

$$CRINR < Threshold_{RS}$$

$$CBINR < Threshold_{BS} \quad (10)$$

CBINR이 일정 임계값 이하이면 현재 단말이 속해있는 셀의 신호세기가 인접 셀의 신호세기보다 작기 때문에 셀 간 핸드오버를 수행한다.

제안하는 계층적 프리엠블 구조는 다음과 같은 특성을 갖는다. 첫 번째로 기존 프리엠블 시퀀스와 같은 PAPR 특성을 갖는다. 두 번째로 단말은 프리엠블로부터 측정이 가능한 CBINR을 이용하여 셀 간 이동을 구분할 수 있고, CRINR을 이용하여 셀 내 이동을 구분할 수 있으며, 이를 이용하여 기지국과 릴레이 중 신호를 전송받을 경로를 선택한다. 세 번째로 동일 셀 내 기지국과 릴레이는 같은 시퀀스를 사용하고 그 위상에 따라 구분되므로 릴레이가 증가해도 각 릴레이를 구분하기 위해 고유의 프리엠블을 할당할 필요가 없다. 즉, 사용가능한 시퀀스의 수가 실질적으로 증가하는 효과가 있다. 네 번째로 초기 동기화 과정의 프레임 검출의 성능열화가 거의 없다.

IV. 제안된 프리엠블이 적용된 릴레이시스템에서의 스캐닝 절차의 간소화

본 장에서는 본 논문에서 제안한 프리엠블을 적용함에 따라 발생하는 다중 홉 릴레이시스템에서의 스캐닝 절차의 간소화 효과를 II장에서 기술한 MAC 계층에서 계층적으로 BS ID와 RS ID를 할당하는 방법⁵⁾과 비교하여 설명한다.

셀 간 또는 릴레이의 경계에 위치한 단말은 스캐닝 과정을 수행하기 위해 기지국으로부터 전송된 MOB_NBR-ADV을 통해 인접 셀의 정보를 수신한다. 단말은 검출한 BS ID / RS ID를 통해 셀 간 핸드오버와 셀 내 핸드오버를 구분할 수 있다. 이 때 단말은 셀 내 핸드오버와 셀 간 핸드오버 구분을 위해 인접 셀 항목에 포함된 모든 기지국과 릴레이에 대한 신호 품질 측정을 수행해야 한다. 따라서 단말이 MAC 계층에서 셀 내 핸드오버와 셀 간 핸드오버를 구분할 수 있다는 점에서 본 논문에서 제안하는 방법과의 유사점이 있다. 하지만 기존 방식에서 단말은 셀 간 또는 셀 내 핸드오버 구분을 위해 인접 셀 항목에 포함된 모든 기지국과 릴레이의 프리엠블에 대한 신호 품질 측정을 수행해야 한다. 따라서 본 논문에서 제안한 방식에 비해 스캐닝 절차의 오버헤드의 감소는 기대할 수 없다. 또한 인접 셀 항목에 포함된 모든 기지국과 릴레이는 각각 다른 프리엠블을 전송해야 하며 BS ID와 RS ID를 획득하기 위해 데이터의 디코딩 과정까지 수행해야 하는 단점이 있다.

다음은 본 논문에서 제안한 방식과 종래 기술과의 스캐닝 복잡도의 비교를 위해 스캐닝 과정 중 타겟 스테이션을 선택하기 위한 과정을 자세히 기술한다. 그림 6는 기존의 방식이 적용된 릴레이시스템에서 단말이 타겟 스테이션을 결정하기까지의 과

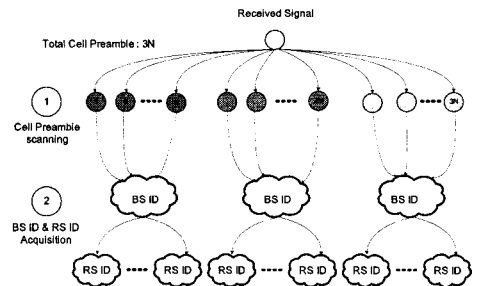


그림 6. 기존 방식의 스캐닝 과정 중 타겟 스테이션을 선택하기 위한 단계

정을 보여준다. 여기서, 설명의 편의를 위해 3개의 기지국과 각 기지국에 포함된 N 의 릴레이를 고려한다. 종래 기술의 방식이 적용된 릴레이시스템에서 단말은 셀 경계에 위치했을 때 핸드오버를 위해 인접 셀의 신호 품질 측정을 수행한다. 서빙 스테이션으로부터 전송받은 인접 셀 항목에 포함된 프리엠블 인덱스 중 가장 신호 세기가 큰 프리엠블 인덱스를 검출하고, 이에 해당하는 BS ID를 통해 셀 간 또는 셀 내 이동상황을 파악한다. BS ID에 연계된 RS ID를 검출하여 최종 타겟 스테이션을 결정한다. 따라서 단말은 $3N$ 번의 검출 과정을 통해 타겟 스테이션을 선택할 수 있으며, $3N$ 개의 서로 다른 프리엠블 인덱스가 필요하다.

그림 7은 제안된 방식의 스캐닝 과정 중 타겟 스테이션을 선택하는 과정을 보여준다. 제안된 방식에서는 셀 내 기지국과 릴레이가 모두 동일한 프리엠블 인덱스의 프리엠블을 전송한다. 따라서 단말은 인접 셀 항목으로부터 인접 기지국에 해당되는 3개의 프리엠블을 검출한다. 최대의 신호세기를 갖는 프리엠블로부터 Cell ID를 검출한 후, 셀 간 또는 셀 내 핸드오버를 판단하고, 검출한 Cell ID의 하위 N 개의 Subcell ID를 검출하여 타겟 스테이션을 선택한다. 이와 같이 단계적으로 총 $3+N$ 번의 검출 과정을 통해 Cell ID와 Subcell ID를 획득하기 때문에 기존 방식에 비해 타겟 스테이션을 선택하는 과정에서의 복잡도가 감소한다. 또한 셀 내 모든 릴레이와 기지국이 동일한 프리엠블 인덱스를 사용함에 따라 기존 방식에 비해 사용되는 프리엠블의 수가 감소된다.

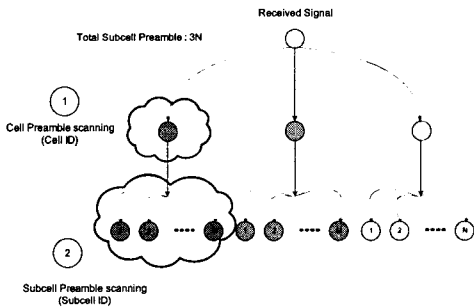


그림 7. 제안된 방식의 스캐닝 과정 중 타겟 스테이션을 선택하기 위한 과정

V. 제안된 프리엠블이 적용된 릴레이시스템에서의 스캐닝 절차의 간소화

본 장에서는 본 논문에서 제안한 프리엠블 기반의 핸드오버 방식의 성능을 모의실험을 통하여 분석한

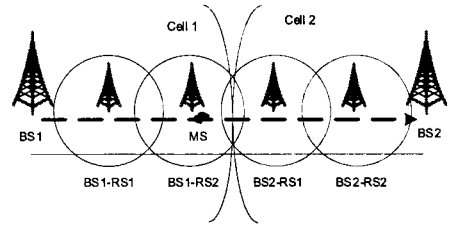
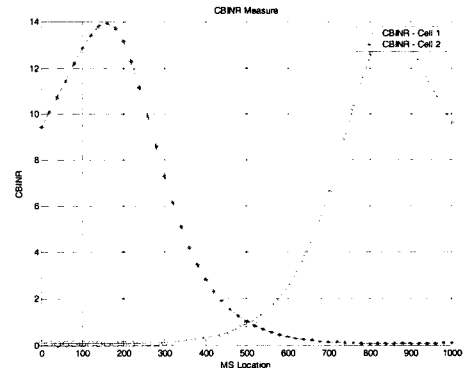


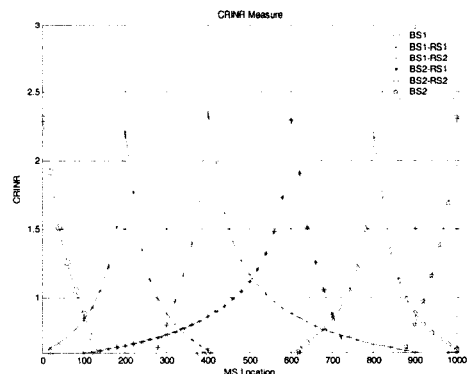
그림 8. 셀 구성 시나리오

다. 그림 8은 셀 구성 시나리오를 보여준다. 이 그림에서 단말은 Cell 1에 속해있는 BS1로부터 인접 Cell 2의 BS2로 이동하며, 이동 중 4개의 릴레이를 지나가는 상황을 가정하였다. 셀 간 기지국사이의 거리와 릴레이간(또는 릴레이와 기지국간)의 거리는 각각 1km와 200m로 가정하였다. 그림 8에서 주위에 존재하는 인접 릴레이는 편의상 표시하지 않는다. 물리계층에 사용된 OFDM 파라미터는 IEEE 802.16e 표준을 사용하였다(mobile WiMAX: WiBro)^[6].

그림 9는 III장에서 기술한 계층 구조의 프리엠블



(a) 단말의 이동상황에 따른 CBINR의 변화



(b) 단말의 이동상황에 따른 CRINR의 변화

그림 9. 단말의 이동상황에 따른 CBINR과 CRINR의 변화

을 사용하였을 경우 단말의 이동상황에 따른 CBINR와 CRINR의 변화를 보여준다. 그림 9(a)로부터 단말이 셀 간 이동하는 상황인 500m지점에서 인접 셀의CBINR이 현재 단말이 속해있는 셀의 CBINR보다 크게 나타남을 확인할 수 있다. 그림 9(b)에서 릴레이간(또는 릴레이와 기지국간)의 경계에서 인접 릴레이(또는 기지국)의 CRINR이 현재 단말이 속해있는 릴레이(또는 기지국)의 CRINR보다 크게 나타남을 확인할 수 있다. 위 결과로부터 CBINR은 단말의 셀 간 이동상황, CRINR은 셀 내 이동상황을 나타내는 파라미터임을 알 수 있다. 따라서 그림 8에 나타난 단말이 BS1-RS1에서 BS1-RS2로 이동하는 경우의 CRINR와 CBINR은 식 (9)와 같이 주어지며, 이 경우 셀 내 핸드오버로 판단한다. 또한 단말이 BS1-RS2에서 BS2-RS1로 이동하는 경우의 CRINR와 CBINR은 식 (10)와 같이 주어지며, 이 경우 셀 간 핸드오버로 판단한다.

다음은 그림 8의 시나리오에서 셀 내 핸드오버에 필요한 총 수행시간을 기존 프리앰블을 사용한 경우와 본 논문에서 제안한 계층적 프리앰블을 사용한 경우에 대하여 비교하였다. 이 때 각 구간에서 소요되는 핸드오버 시간은 IEEE 802.16e시스템에서의 값을 사용하였다^{[6][7]}. 기존 프리앰블과 계층적 프리앰블을 사용하여 핸드오버한 경우 수행시간은 표 1와 같다. 표 1에서 T0은 CINR을 측정하는데 소요되는 시간을 나타낸다. CINR 측정을 위한 소요시간 T0은 인접 기지국의 리스트로 10개의 인접 기지국(또는 릴레이)을 가정하고, 1 개 기지국의

CINR을 측정하기 위해 소요되는 시간을 1 프레임 구간(5ms)으로 가정한 경우이다. T1은 단말이 CINR 측정을 통해 타겟 기지국을 선택하였을 때, 네트워크 백본 메시지를 통해 타겟 기지국의 스케닝을 수행하는데 소요되는 시간을 나타낸다. T2는 타겟 기지국의 파라미터를 전송받는데 소요되는 시간, T3은 단말이 타겟 기지국에 레인징을 수행하는데 소요되는 시간을 나타낸다. T4는 단말이 타겟 기지국에 등록하는데 소요되는 시간, T5는 핸드오버를 결정하는데 소요되는 시간, T6은 인증에 소요되는 시간을 나타낸다. 위와 같이 단말이 셀 간 핸드오버를 수행하는 경우 총 545ms의 핸드오버 수행시간이 필요하다. 계층적 프리앰블을 사용하여 셀 내 핸드오버를 수행하는 경우 인접 기지국 또는 릴레이로부터 전송되는 신호의 신호 품질 측정 시간과 단말의 네트워크 재진입 절차를 축소할 수 있기 때문에 T0, T4, T6의 절차중 일부 또는 전체가 축소 생략될 수 있다.

그림 8의 시나리오의 경우, 단말은 총 1번의 셀 간 핸드오버와 총 4번의 셀 내 핸드오버를 수행한다. 그림 10은 이 때 소요되는 총 핸드오버 수행시간을 위 식을 사용하여 보여준다. 그림 10로부터 계층적 프리앰블을 사용하여 단말이 핸드오버를 수행할 경우 총 소요되는 핸드오버 시간이 기존 방식에 비해 크게 감소됨을 확인할 수 있다.

표 1. 셀 내 핸드오버에 필요한 수행시간

Step	Description	Conventional Method	Proposed method
T0	Measuring signal strength	50ms	5ms
T1	Searching target BS(or RS)	30ms	30ms
T2	Receiving parameter	10ms	10ms
T3	Contention-based ranging	150ms	150ms
T4	Registration	35ms	-
T5	HO decision & initiation	50ms	50ms
T6	Authorization	220ms	-
Total		546ms	245ms

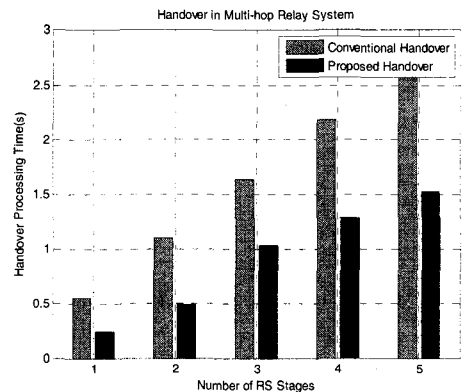


그림 10. 다중 홉 릴레이시스템에서 핸드오버 기법에 따른 수행시간

V. 결 론

본 논문에서는 OFDM 기반의 다중 홉 릴레이시스템에서 효율적인 핸드오버 절차를 위하여 Cell ID와 Subcell ID로 구성된 계층 구조의 프리앰블 구

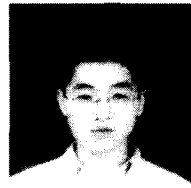
조를 제안하였다. 제안된 계층 구조의 프리앰블은 셀 내 릴레이간의 이동상황에서 셀 내 핸드오버를 수행하는데 용이하며, 기존 셀룰러시스템의 핸드오버 절차 적용 시 발생하는 오버헤드를 크게 감소시킬 수 있다. 계층적 프리앰블의 구조에서 신호품질 측정 척도인 CBINR와 CRINR을 사용하여 단말의 셀 간 또는 셀 내 이동상황을 판단함으로써 핸드오버 수행시간을 크게 감소할 수 있으며, 이를 WiMAX 환경에서 모의실험을 통해 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] R. Pabst, et. al., "A Relay-Based Deployment Concepts for Wireless and Mobile Broadband Radio," *IEEE Commun. Mag.*, Vol. 42, pp. 80-89, Sept. 2004.
- [2] H. Wu, C. Qiao, S. De, and O. Tonguz, "Integrated Cellular and Ad Hoc Relaying Systems: iCAR," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, Vol. 19, pp. 2105-2115, Oct. 2001.
- [3] J. Cho and Z.J. Haas, "On the throughput enhancement of the downstream channel in cellular radio networks through multihop relaying," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, Vol. 22, pp. 1206-1219, Sept. 2004.
- [4] N. Esseling, B.H. Walke, and R. Pabst, "Performance Evaluation of a Fixed Relay Concept for Next Generation Wireless Systems," *PIMRC04*, Vol. 2, pp. 744-751, Sept. 2004.
- [5] J.H. Park, K.Y. Han, and D.H. Cho, "Reducing Inter-Cell Handover Events on Cell ID Information in Multi-hop Relay Systems," *VTC07*, Apr. 2007.
- [6] IEEE Std 802.16e, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks Part 16*, Feb. 2006.
- [7] D.H. Lee, K. Kyamakya, and J.P. Umondi, "Fast handover algorithm for IEEE 802.16e broadband wireless access system," *International Symposium on Wireless Pervasive Computing*, Jan. 2006.

유 현 일 (Hyun Il Yoo)

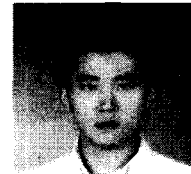
정회원



2005년 2월 중앙대학교 전자전기공학부 졸업(학사)
 2007년 2월 중앙대학교 전자전기공학부 졸업(석사)
 2007년 3월~현재 중앙대학교 전자전기공학부 박사과정
 <관심분야> 디지털통신, 무선모뎀, OFDM, Relay

김 영 준 (Yeong Jun Kim)

정회원



2005년 2월 중앙대학교 전자전기공학부 졸업(학사)
 2007년 2월 중앙대학교 전자전기공학부 졸업(석사)
 2007년 3월~현재 중앙대학교 전자전기공학부 박사과정
 <관심분야> 디지털통신, 무선모뎀, OFDM, Relay

우 경 수 (Kyung Soo Woo)

정회원



2004년 2월 중앙대학교 전자전기공학부 졸업(학사)
 2006년 2월 중앙대학교 전자전기공학부 졸업(석사)
 2006년 3월~현재 중앙대학교 전자전기공학부 박사과정
 <관심분야> 디지털통신, 무선모뎀, OFDM, MIMO

김 재 권 (Jae Kwon Kim)

정회원



1995년 8월 중앙대학교 전기공학부 졸업
 2000년 2월 중앙대학교 전기공학부 석사
 2004년 5월 The University of Texas at Austin 공학박사
 2004년 8월~2005년 8월 삼성종합기술연구원 4G 시스템 Lab
 2005년 9월~현재 연세대학교 원주캠퍼스 컴퓨터 정보통신 공학부 교수
 <관심분야> 디지털 통신, OFDM, MIMO, 실용적인 신호검출 기법

윤 상 보 (Sang Boh Yun)

정회원

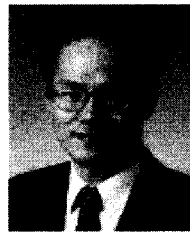


1994년 2월 고려대학교 정보공학과 학사
1998년 8월 고려대학교 전파 공학과 석사
2006년 8월 고려대학교 전파공학과 박사
1994년 1월~2000년 1월 대우통신 연구소 선임연구원

2000년 2월~2001년 7월 (주)네오솔루션 CTO/Founder
2001년 8월~2006년 2월 삼성종합기술원 전문연구원
2006년 3월~현재 삼성전자 정보통신연구소 책임연구원
<관심분야> 4G 이동통신, OFDM, MIMO, 간섭제거 기법, RRM

조 용 수 (Yong Soo Cho)

종신회원



1984년 2월 중앙대학교 전자공학과 졸업(학사)
1987년 2월 연세대학교 전자공학과 졸업(석사)
1991년 2월 The University of Texas at Austin 공학박사
1992년 3월~현재 중앙대학교 전자전기공학과 교수

2003년 8월~현재 TTA 휴대인터넷 프로젝트그룹 (PG302) 무선접속 실무반 의장
<관심분야> 4G 이동통신, OFDM/DMT 모뎀 설계, MIMO-OFDM 모뎀 설계